SE PODRÁN REGENERAR NEURONAS

Jean Jacques Salomon en la Argentina

"LA CIENCIA NO DEBE DEPENDER DE LAS URNAS"

Avances sobre las causas del envejecimiento

VOLVER A LOS 130

No es nuevo que la ciencia trabaja para aumentar la longevidad. Tampoco lo es que desde hace años lo viene logrando. Pero lo que sí es nuevo es el salto cualitativo que se perfila en materia de descubrimientos sobre los procesos genéticos, celulares y químicos del envejecimiento. El lapso de vida inscripto en el genoma humano es de 130 años ¿por qué muy pocos hombres lo alcanzan? Las teorías actuales aseguran que es posible detener el envejecimiento ya que, en definitiva, la selección natural de las especies no creó la vejez sino que la permitió, una vez que la especie se ha asegurado descendencia. Un FUTURO para leer con la vitamina E a mano.

FUTURO!

GRAGEAS

ECOLOGICO. Una parte de abono orgánico y un poco de estiércol de pavo es el remedio ecológico que encontró la Fuerza Aérea norteamericana para limpiar la tierra contaminada con petróleo en Carolina del Norte. El tratamiento de suelos impregnados de combustibles era una pesadilla ecológica y este procedimiento es más benigno y más barato que los que se venían usando para limpiar tierra. La clave es la degradación biológica natural de los hidrocarburos que contiene el petróleo y los hongos y bacterias naturales que tiene la tierra se encargan de hacer el proceso. Los hongos producen una sustancia que divide los hidrocarburos en fragmentos muy pequeños, que sirven después para alimento de las bacterias. Las muestras comprobaron que la descontaminación se produce sin riesgos y en forma completa, a diferencia de los métodos antiguos de incinerar la tierra, que resultaba contaminante para el aire y no podía aplicarse apenas se descubría la contaminación, cosa que ahora sí se puede.

SATELITES. Desde hace diez días, al satélite europeo de observación de la Tierra ERS-1 se le unió un hermano gemelo, el ERS-2, para una misión en tándem en la que elaborarán un mapa tridimensional de la superficie terrestre de alta definición. Servirá para mejorar la vigilancia de áreas volcánicas, medir con precisión de centímetros la deriva continental y hacer un seguimiento de la cubierta vegetal y el uso de suelos en el planeta. El ERS-1 iba a ser reemplazado por la nueva versión, pero su buen funcionamiento prolongó su vida por nueve meses más. En 1998 el ERS-2 también será reemplazado por el Envisati, un satélite de nueva generación. Por ahora, de la información de los gemelos se servirán unos 1000 equipos de investigación que usan datos del fondo oceánico, las velocidades y direcciones de los vientos, la desertización y la dinámica de los bosques y de los hielos.

TRIDIMENSIONAL. Las líderes japonesas en electrónica libran sus primeras batallas en la guerra por la TV tridimensional. Después de seis años de investigaciones donde participó la cadena de televisión NHK, Sanyo presentó su primer modelo. El aparato tiene una pantalla que permite ver imágenes tridimensionales sin usar lentes especiales. Pero su alto costo -unos 16 mil dólares–, por ahora hace imposible su comercialización.

ESTRELLAS. Con el Keck –el telescopio más grande del mundo– dos astrónomos de la Universidad de Hawaii encontraron trazas de las primeras estrellas del Universo en el espacio intergaláctico. Uno de los grandes temas en debate es si existieron primero protogalaxias y después estrellas, o si los astros fueron primero y después se agruparon. Len Kowie y Antoinette Songalia esperaban hallar sólo elementos ligeros primordiales como helio e hidrógeno formados en el Big Bang y se encontraron con carbono ionizado, un elemento pesado, a una distancia de 10.000 millones de años luz de la Tierra, en el espacio intergaláctico, cuando el Universo era muy joven. "Una primera generación de estrellas puede haber modificado y enriquecido el gas intergaláctico con elementos pesados, creando las condiciones necesarias para formar galaxias", explicó Cowie en la revista *Astronomical Journal.*

UN DURO. La caída es la primera causa del fin de las computadoras portátiles tipo notebook. Por eso la empresa Bitmakers presenta la FC-486, un modelo a prueba de humedad, polvo, heladas y caídas. Sus fabricantes aseguran que el equipo resistió la prueba de una bola de acero de una pulgada de diámetro que le cayó encima desde una altura de dos metros. La pantalla tiene una protección de policarbonato reemplazable y soporta desde -20 grados centígrados hasta 60. Con un procesador 486 SLC de Texas Instruments tiene diez horas de autonomía y un lápiz como mousse.

BUSCAN DEVELAR LOS EN[IGMAS DEL] ENVEJECIMIENT[O]

LO QUE MATA ES [...]

Por Pedro Lipcovich

130 años vive cualquiera; pero la ciencia está trabajando para que vivamos más. En los últimos meses, varias investigaciones han avanzado en precisar las bases genéticas del envejecimiento. La vejez es consecuencia de la acción de paquetes de genes, con la dificultad de que los responsables del deterioro son los mismos que, a más temprana edad, aseguran la capacidad reproductiva y protegen de graves enfermedades. Los tóxicos ambientales también inciden fuertemente. Los procesos oxidativos en el organismo juegan un papel central, pero el efecto beneficioso de antioxidantes como la vitamina E todavía está en discusión. Hay sin embargo nuevos medicamentos, tres de ellos a punto de aparecer en la Argentina, que atenúan los efectos del envejecimiento. El lapso de vida inscripto en el genoma humano alcanza los 130 años, pero la ingeniería genética tal vez permita a nuestros bisnietos conquistar el aburrimiento infinito de ser inmortales.

El envejecimiento no es un mero proceso de desgaste físico; está determinado activamente por genes que son producto de la evolución de las especies. A la evolución le interesa la supervivencia de los genes: de cada individuo sólo quiere que se reproduzca lo antes posible, conseguido lo cual ya no le importa lo que pase con su cuerpo. En realidad, lo que mata es el sexo. Especies como las amebas, unicelulares que se reproducen por simple división, logran la inmortalidad, ya que cada uno de los individuos resultantes retiene la dotación genética y la experiencia de vida del padre, que es él mismo. Pero, a partir de la reproducción sexual, las células se diferencian en germinales y somáticas: éstas, las que integran el cuerpo, envejecen.

Michael Rose, de la Universidad de California, logró prolongar la vida en un tercio; no la vida humana pero sí la de las drosophilas, pequeñas moscas de la fruta que suelen usarse para investigaciones genéticas precisamente porque su vida es muy breve y poseen cromosomas gigantes fáciles de identificar. Rose simplemente impidió a las drosophilas reproducirse hasta que fuesen viejas: así, la selección natural operó en el sentido de favorecer a los ejemplares con tendencia a la longevidad, y bastaron 15 generaciones para que el lapso de vida de esa población aumentara un tercio. Pero lo interesante del experimento es que las moscas resultantes vuelan peor y son menos fecundas que las otras: en condiciones naturales serían perdedoras en la lucha por la vida. Los mismos factores que ponen límite a la duración de la vida hacen que, mientras dura, mejoran la performance del individuo mientras es joven. Thomas Johnson, de la Universidad de Colorado, descubrió en gusanos y llamó *age-1* a un gen que regula la producción de dos enzimas antioxidantes, la catalasa y la superoxidodismutasa. Si se bloquea el *age-1*, la producción de esas enzimas aumenta y el gusano vive 70 por ciento más: ¿para qué le sirve al gusano un gen que le hace vivir menos? Es que él, el gusano, no le sirve a nadie después de haberse reproducido y, como en el caso de la drosophila, la selección natural ha preferido una vida más corta con reproducción temprana.

Como sabe cualquier ahorcado, la solución más rápida para el envejecimiento es dejar de respirar: en realidad esto es aplicable a la respiración propiamente dicha, que tiene lugar en el interior de la célula: es la reacción química del oxígeno con la glucosa para producir energía. Este proceso, imprescindible para la vida, genera sin embargo subproductos tóxicos. Son los famosos "radicales libres": formas modificadas del oxígeno que, liberadas de combinarse con la glucosa, se combinan con componentes estructurales de la célula y así destruyen, por ejemplo, las paredes celulares. Por eso, algo que ayuda a vivir mucho es comer poco, es decir, aportar menos combustible a la respiración intracelular (siempre y cuando esa alimentación moderada contenga los nutrientes imprescindibles). El daño producido por los subproductos de la oxidación afecta especialmente a las mitocondrias, estructuras que en el interior de cada célula se especializan en la respiración; son las usinas energéticas de los seres vivientes. La reducción en la eficacia de las mitocondrias, que llega al 80 por ciento a lo largo de la vida, afecta particularmente al cerebro, incidiendo en la aparición de los males de Parkinson y de Alzheimer. Es que, a diferencia del resto de las células, las neuronas no pueden reproducirse ni siquiera una vez; cada muerte de una célula cerebral a lo largo de la vida disminuye la función del conjunto.

Además, los genes determinan la duración máxima de la vida poniendo un límite al número posible de divisiones celulares. A diferencia de las amebas, las células somáticas de los organismos sexuados llevan programada la cantidad de veces que podrán reproducirse en el curso de la vida del individuo. En el ser humano este número, llamado constante de Hayflick, es 53. En las tortugas, que pueden vivir más de un siglo, sus células superan las 80 divisiones, mientras que las células de los ratones, que viven 3 o



"A la evolución le interesa la supervivencia de los genes: de cada individuo sólo quiere que se reproduzca lo antes posible, después, ya no le importa lo que pase con su cuerpo. En realidad, lo que mata es el sexo. Especies como las amebas, unicelulares que se reproducen por simple división, logran la inmortalidad, ya que cada uno de los individuos resultantes retiene la dotación genética y la experiencia de vida del padre, que es él mismo"

VIVA LA NEURONA

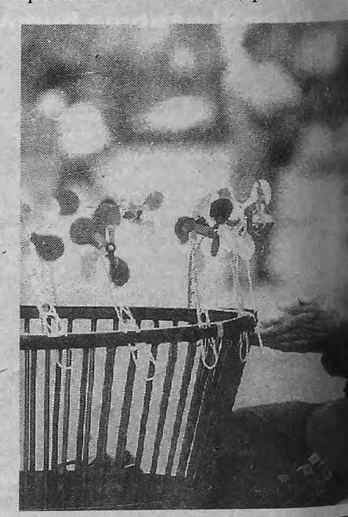
Hasta ahora era una verdad científica que las células cerebrales de los adultos no se regeneraban. Pero un experimento desarrollado en la Universidad de Cornell de Nueva York viene a dar por tierra con este dogma, y a traer esperanzas de que se logre reparar en un futuro el daño cerebral causado por accidentes o enfermedades como las de Alzheimer, Hungtinton, Parkinson o esclerosis múltiple.

Aunque otros científicos antes ya habían hecho crecer neuronas de cerebros de fetos, Steven Goldman es el primero que lo logra con material procedente de cerebros adultos. Goldman descubrió células precursoras que, cultivadas en laboratorio, dan lugar a neuronas en un proceso similar al que se produce durante el desarrollo del embrión. Al revés de lo que se creía, su trabajo prueba que estas células precursoras permanecen en el cerebro a lo largo de toda la vida, aunque en forma inactiva por factores que todavía se desconocen.

La investigación comenzó hace veinte años, cuando Goldman estudiaba en los cerebros de los canarios la influencia de las hormonas de machos y hembras sobre la capacidad de cantar. Fue ahí cuando observó que las neuronas de las aves aumentaban y, después de encontrar células precursoras en cerebros de pájaros y ratas, decidió emprenderla con el hombre. El neurólogo usó muestras de cerebros de personas operadas de epilepsia y las cultivó en el laboratorio y el resultado fue que surgieron células maduras y capaces de actuar fisiológicamente como tales.

El objetivo de poder reparar células cerebrales dañadas en accidentes o por enfermedades cardiovasculares o degenerativas está aún lejano, aún no se sabe en qué parte exacta del cerebro se sitúan las células precursoras y tampoco se han logrado desarrollar grandes cantidades de neuronas en laboratorio y se desconoce cómo hacer, de ser transplantadas, para que se dirijan a la parte dañada del cerebro.

Sin embargo, el trabajo, publicado en la revista especializada *Cerebral Cortex*, disipa el mito de que el cerebro no posee la capacidad de regenerarse como lo hacen la piel, la sangre y otros tejidos. Además, un equipo conducido por Fred Gage en el Instituto Salk de California afirma haber logrado el mismo resultado.





GMAS DEL

L SEXO

ɒs, no se dividen más que 15 o 18 ve- Para el ser humano, la constante de Hay- ha sido demostrada en laboratorio por xperimento con fibroblastos (células in- antes del tejido conjuntivo, que une y iene los órganos). Se toma un fibroblas- ue ha pasado ya por 25 divisiones y se ttirpa el núcleo (donde está el código ge- co), con el cual se reemplaza el de otro ɒblasto que sólo haya pasado por una di- in: el fibroblasto joven sólo será capaz nas 28 divisiones más, lo cual muestra llas primeras 25 quedaron anotadas en romosomas. El envejecimiento prema- se da efectivamente en algunas enfer- ades, como el síndrome de Werner: los entes se avejentan desde temprana edad ferman precozmente de arteriosclerosis, oporosis y diabetes; suelen morir alre- or de los 40 años. El gen afectado pare- er el que determina el número posible de siones celulares, que en la vida de estas onas es la mitad del normal.

na modificación genética que suprimie- límite de Hayflick es teóricamente po- , pero acarrearía problemas: el gen que a la reproducción celular también limita esas reproducciones celulares incontroladas que se llaman cáncer. El factor que pone límite a la vida del sujeto es el mismo que en su juventud puede protegerlo de desarrollar un cáncer, y éste es el mejor ejemplo de cómo, en la evolución, el envejecimiento no es un accidente sino que está intrincado con la preservación de los individuos durante su edad reproductiva.

Si el primer gran factor de envejecimiento está inscripto en el programa genético, el segundo es el daño acumulativo que los genes –físicamente contenidos en los cromosomas del núcleo celular– sufren a lo largo de los años, y en esto toman especial importancia los tóxicos ambientales. La epidemiología del envejecimiento muestra que los casos más impresionantes de longevidad se verifican en las comunidades rurales menos expuestas a agresiones ambientales. La edad máxima que se constata en estos casos no supera los 130 años, y es la misma que prevén las estimaciones basadas en la constante de Hayflick.

Las teorías científicas actuales sostienen que es posible detener el envejecimiento. Es que, en definitiva, la selección natural no creó la vejez, sino que la permitió. El envejecimiento se estudia como un proceso multideterminado, en sus entrecruzamientos genéticos y ambientales. Para paliar sus manifestaciones se están desarrollando distintos medicamentos, varios de los cuales están por llegar a la Argentina (ver recuadro). Hay en todo caso un límite biológico, alrededor de los 130 años de vida, más allá del cual se penetra en el terreno especulativo –pero hacia el que se avanza– de los mayores emprendimientos de ingeniería genética.

Entretanto, crece la moda de los antioxidantes, y la estrella es la vitamina E. "No hay datos clínicos concluyentes sobre el efecto de esta vitamina –dijo a **Futuro** Daniel Cardinali, profesor de fisiología de la UBA–. Ciertamente es el antioxidante más barato y el más difundido; todoslos agentes antienvejecimiento contienen vitamina E. En realidad, esta vitamina está incluida en la alimentación habitual y es rarísimo que alguien padezca deficiencia de ella. Entonces, la pregunta es si una dosis aumentada puede tener efectos benéficos, y en esto no hay pruebas concluyentes. Sin embargo, su uso ha sido autorizado en Estados Unidos por la Food & Drugs Administration (FDA): esto indica que no tiene efectos perjudiciales y mantiene abierta la posibilidad de que los tenga beneficiosos."



La vida empieza a los 60

(Por P.L.) Tres productos contra los efectos del envejecimiento estarán próximamente disponibles en la Argentina luego de haber sido aprobados por los exigentes organismos de control de Estados Unidos.

Dehidroepiandrosterona sulfato: es una hormona producida por las glándulas suprarrenales; estudios efectuados el año pasado en La Jolla (Estados Unidos) establecieron que su administración mejora el rendimiento psicofísico en personas mayores. La Academia de Ciencias de Nueva York auspicia para este año una reunión internacional sobre esta sustancia, cuyo mecanismo de acción es todavía desconocido. La dehidroepiandrosterona tiene además la ventaja de que, por obtenerse de manera natural, no puede patentarse, lo cual hará más accesible su precio.

Hormona de crecimiento: es una de las producidas por la glándula hipófisis; todos los datos clínicos indican que su administración a personas de más de 60 años mantiene en mejor forma la masa muscular y reduce la pérdida de calcio de los huesos. Actualmente se la sintetiza por ingeniería genética, y los estudios de aprobación en Estados Unidos están en la fase final.

Melatonina: es producida en el organismo humano por la glándula pineal; mejora la respuesta inmunológica y el rendimiento psicofísico, especialmente en cuanto concierne a los ritmos circadianos (variaciones fisiológicas a lo largo de las 24 horas), por lo cual permite solucionar los trastornos del sueño frecuentes a partir de los 65 años. Buena parte de la investigación de esta hormona se desarrolló en Buenos Aires, en el Laboratorio de Neurociencias del Departamento de Fisiología de la Facultad de Medicina (UBA). La melatonina es ya de venta libre en Estados Unidos y está a punto de salir al mercado en la Argentina.

Estas tres sustancias son generadas naturalmente por el organismo, sólo que su producción decrece con la edad por el deterioro de las células secretoras.

Jean Marie Lehn, Nobel de Química

¿OTRAS FORMAS DE VIDA? ¿POR QUÉ NO?

EL PAIS de Madrid

(Por Mónica Salomone). "No hay razón que impida la existencia de formas de vida distintas a la nuestra, basadas en sistemas no biológicos. Algunos piensan que la vida es tan complicada que probablemente hay un solo tipo. Yo no veo por qué ha de ser así, al menos desde un enfoque filosófico." El premio Nobel de Química Jean Marie Lehn adorna con esta reflexión sus últimas investigaciones en la construcción de moléculas inorgánicas autoprogramadas que poseen una de las propiedades intrínsecas de los seres vivos: crecer.

Unos cuantos átomos metálicos convenientemente ensamblados pueden contener en sí mismos la información necesaria para desarrollarse, hasta dar lugar a diversas estructuras complejas. Pero de entre las rejillas y torres que muestra el microscopio es la doble hélice artificial, construida a imagen y semejanza de la molécula de ADN biológica, la que más fascina a Lehn. "Es como tomar las piedras de La Alhambra y que cada una de ellas, aisladamente, tenga capacidad para construir el edificio", explicó en la Residencia de Estudiantes de Madrid.

En el origen de esta química autoorganizada está el reconocimiento selectivo entre las moléculas, que les permite "hablarse, intercambiar información" y encajar unas en otras como la llave en su cerradura. "Así se enlazan las piezas del ADN, por ejemplo, y así se unen los linfocitos T asesinos, células defensivas humanas, a las células cancerosas para destruirlas", dice Lehn.

"Hemos tratado de comprender el fenómeno del reconocimiento para manipularlo, y nos preguntamos: ¿sería posible construir una doble hélice artificial?". Esta molécula es un sistema autoorganizado, porque cualquiera de las dos hélices individualmente puede enrollarse a la otra gracias a enlaces de hidrógeno. Lehn ha demostrado que "si estos se sustituyen por enlaces metálicos y las hebras se construyen con moléculas metálicas, tenemos un conjunto preprogramado cuyo resultado es una doble hélice distinta de la natural, pero que funciona".

Convencido de que "se llegará a edificar un mundo artificial tan complejo como el biológico, porque las posibilidades de la química son tantas como combinaciones de elementos permite la tabla periódica", Lehn mencionó también los trabajos sobre moléculas inorgánicas capaces de "autorreplicarse" (separarse en dos piezas iguales): "Aún no es vida, porque la reproducción viva implica crear algo distinto de los progenitores, pero las fronteras entre lo animado y lo inanimado se diluyen cada vez más".

Jean Jacques Salomon llega mañana a una Argentina stand by hasta las elecciones en la que mucho se habla de modernización pero pocos tienen idea de cómo articular la ciencia y la tecnología con la sociedad. Salomon es un especialista en las relaciones entre ciencia, política y sociedad y, por cierto, tiene algo que decir al respecto.

Jean Jacques Salomon sobre ciencia y política

MIRAR MAS ALLA DE LAS URNAS

*Por Sergio A. Lozano/FIBIO**

En medio de una Argentina stand by hasta el 14 de mayo, Jean Jacques Salomon, especialista francés en la trilogía ciencia-política y sociedad arribará mañana a Ezeiza, invitado por la Universidad Nacional de Quilmes para participar de las II Jornadas Latinoamericanas de Estudios Sociales de la Ciencia y la Tecnología. Salomon, que dictará también una conferencia plenaria y el curso Política científica de fin de siglo en el Departamento de Ciencia y Tecnología de la Fundación Banco Patricios, es presidente del College de la Prévention des Riesques Technologiques, ente asesor del primer ministro de Francia, profesor visitante de la Universidad de Harvard y del famoso Massachusetts Institut of Technology (MIT) y consultor de diversos organismos internacionales, como la Comunidad Económica Europea, la Universidad de las Naciones Unidas y el Centre National de la Recherche Scientifique de Francia.

Con viejas y nuevas herramientas nacidas del desarrollo científico -léase teléfono, fax y correo electrónico– **Futuro** interrumpió su tranquilo descanso en Banyuls para debatir algunos temas ineludibles cuando se habla de desarrollo y modernización, pero que no parecen tener relevancia en la presente pelea electoral.

–Este país está paralizado a la espera de las elecciones del 14 de mayo. Toda decisión, independientemente de su relevancia y en cualquier terreno, queda postergada para después de esa fecha. A pesar de que hoy todo es proselitismo político, y el concepto de modernización es algo omnipresente, la ciencia y la tecnología como herramientas de transformación de la calidad de vida de la sociedad prácticamente no figuran en los discursos de ninguno de los candidatos de turno. ¿Debe un país como la Argentina centrar sus expectativas de cambio en el desarrollo científico-tecnológico?

–Más que en ningún otro tiempo de la historia de la humanidad, vivimos en un mundo a la vez competitivo e interdependiente, donde la innovación técnica aparece como un factor clave de intercambio internacional. Es verdad que la innovación técnica depende cada vez más estrechamente de la investigación científica, y de una investigación organizada y capitalista, pero no depende sólo de eso: las buenas ideas de gestión, de "diseño", del sistema de venta, pueden hacer mucho por el éxito de los desarrollos científicos. Por todo esto, ningún país moderno –y supongo que la Argentina pretende serlo– puede hoy dejar de tener una política en el campo de la ciencia y la tecnología, pero cada país debe elegir su camino en función de sus necesidades y posibilidades. Es verdaderamente una elección de valores y de la sociedad.

–En estos tiempos de ultraespecialización ¿se puede hablar de una tecnología que convenga comprar y otra que sea preferible desarrollar? ¿Es necesario contar con recursos humanos calificados para tomar decisiones en este terreno?

–La encrucijada está en definir una política que marque los caminos más prioritarios desde el punto de vista económico y social para llegar a la modernización. El crecimiento económico no es más que un medio para alcanzar otros fines tanto como la ciencia y la tecnología. Es necesariosaber qué desarrollo se está persiguiendo. Bajo este contexto hay productos o procesos que es mejor comprar que desarrollar porque una incorrecta voluntad de prestigio o independencia muy frecuentemente termina en costosos fracasos. Para desarrollar o para comprar tecnología es necesario contar con el consejo de científicos, investigadores, universitarios. Es necesario que ellos estén asociados a la preparación de decisiones políticas. La consolidación de la investigación científica, la promoción de la innovación técnica, la elevación del nivel de conocimiento de la población en su conjunto son, desde mi punto de vista, condiciones determinantes del desarrollo del mañana. En el caso de Francia, si uno se fija en el último cuarto de siglo, los esfuerzos de modernización estuvieron en gran parte favorecidos por las políticas aplicadas en el campo de la investigación y la innovación. Usted me dice que los partidos políticos no se refieren en su campaña electoral a la encrucijada científico-técnica. No pretendo intervenir en el debate porque no conozco lo suficiente la Argentina como para atreverme a dar consejos, pero considero que la inversión intelectual debe ser absolutamente prioritaria si un país está decidido a afrontar la encrucijada política, social y cultural del siglo XXI.

–La Argentina se caracterizó por poseer excelentes investigadores. En el campo de la biología, en épocas en que prácticamente estaba todo por conocerse, en donde el desafío intelectual era formidable, obtuvo dos premios Nobel. Hoy, el sistema científico argentino está en agonía, no tiene apoyo prácticamente del Estado y la inversión privada en el sector es insignificante. ¿Cuáles son las alternativas del mundo subdesarrollado, sin recursos ni capacidad para gestar ciencia de relevancia, ante esta revolución científica de fin de siglo, donde el poder económico está vinculado más con el conocimiento que con los recursos naturales?

–Los niveles de desarrollo y subdesarrollo son muy diferentes entre los países y entre los continentes. Lo que podamos decir de Burkina Faso o de Nigeria no es lo mismo que lo que se puede decir de China, de India, de Brasil o de la Argentina. Es necesario distinguir entre los países que poseen las capacidades científicas o técnicas –nivel de alfabetización, universidades, instituciones de investigación con recursos técnicos competitivos– de aquellos que no las tienen. En este segundo caso es evidente que lo más urgente es desarrollar una política de formación técnica al nivel primario y secundario. En el primer caso, es esencial reforzar el potencial científico y técnico para tener acceso al dominio de las nuevas tecnologías. Yo distinguiría entre el dominio de la producción y el dominio de la utilización de las nuevas tecnologías. Para algunos países en desarrollo, un esfuerzo en educación y en investigación paradominar la producción puede ser demasiado costoso, suntuario y por lo tanto absurdo en relación con sus necesidades económicas, alimentarias y sociales más urgentes: lo inmediato es desarrollar las competencias técnicas intermedias y modernizar las técnicas tradicionales. Pero allá donde exista una tradición intelectual, como creo que es el caso de la Argentina, una herencia industrial y universitaria, es necesario invertir en la formación de esos recursos humanos: ésa es la clave del futuro.

–¿Qué significa exactamente el riesgo tecnológico, una de sus especialidades?

–Todo sistema tecnológico, sea una central nuclear, una industria de productos químicos, el trazado de una ruta férrea o lo que fuere, está expuesto a fallas de orden técnico por la falta de vigilancia en el mantenimiento o en los controles de seguridad. Es muy distinto hablar de un riesgo natural como un terremoto o la erupción de un volcán, en lo que uno no puede hacer más que perfeccionar los sistemas de alerta, que en el caso del riesgo tecnológico, que es propio de la actividad del hombre. Desde mi punto de vista, un accidente tecnológico nunca puede atribuirse a la fatalidad, porque cuando se remonta la cadena de causas siempre aparece una explicación humana, es decir, un defecto, una negligencia o una falta de prevención. El terremoto de Lisboa del siglo XVIII llevó a una gran discusión filosófica sobre si Dios tenía algo que ver en la catástrofe. En el caso de un accidente tecnológico, el hombre siempre tiene que ver. Después de las consecuencias humanas y ambientales de la revolución industrial, los nuevos riesgos tecnológicos son los que afectan el capital genético de los seres vivos, vinculados a la energía nuclear o a los desarrollos de la biotecnología porque tienen una escala de espacio que trasciende las fronteras nacionales y una escala de tiempo que afecta a las próximas generaciones.

–De un tiempo a esta parte, se dieron varios casos en la Argentina en los que quedó bien claro que el riesgo tecnológico está librado a la decisión individual de cada uno sin que existan controles adecuados desde el Estado. ¿Cuál es la diferencia entre el control del riesgo tecnológico en Europa y en un país del Tercer Mundo?

–Desde el punto de vista de la prevención de los riesgos para evitar catástrofes da lo mismo hablar de Europa que del Tercer Mundo. La prevención en este terreno es un asunto político, es decir que es obligación del Estado, pero es también una conjunción de educación, de formación, de cultura y de participación de los ciudadanos en la toma de decisiones. La ex Unión Soviética pasaba por ser un país industrializado pero ningún país ha mostrado tanta irresponsabilidad en la protección de su pueblo y del medio ambiente. Hay, por lo tanto, un vínculo estrecho entre las estructuras democráticas –la capacidad de los ciudadanos de pesar sobre las decisiones de los tecnócratas y del Estado– y de la prevención de los riesgos tecnológicos. Una de las conclusiones de mi libro *Le destin technologique* es que se necesita un *contrapoder*: las consecuencias sociales de los desarrollos técnicos obligan a admitir que la tecnología no puede ser un tema privativo de los especialistas. Se necesita un control democrático y un contrapoder para oponerse a las presiones de los intereses económicos. Es claro que ciertos países en desarrollo no están en condiciones de resistir a esas presiones. El caso Bhopal, originado por la emanación de gases tóxicos de la planta de la Union Carbide, es una ilustración trágica. Habrá muchos otros Bhopal en otras latitudes. Actualmente, hay una tendencia de los países en desarrollo a dar la bienvenida a residuos peligrosos de los centros industrializados a cambio de una compensación económica y esto se debe a la falta de capacidad de los ciudadanos de controlar de manera efectiva a su dirigencia política.

–¿Qué opina de la introducción de criterios éticos dentro de los procesos de patentamiento, más específicamente en el campo de la biologíamolecular, que involucra el registro intelectual de genes y de nuevas formas de vida desarrolladas por el hombre?

–Este es uno de los grandes problemas que preocupa hoy a la comunidad científica. Como decía Jean Cocteau: "¿Cuán lejos podemos llegar?". Las aplicaciones de la biología molecular –clonado de genes, creación de organismos transgénicos– involucran riesgos evidentes, sin entrar a hablar del eugenismo. Es un problema ético difícil de abordar y es también una encrucijada jurídica en la que son evidentes diferentes concepciones si se compara, por ejemplo, a Estados Unidos con Europa. En el caso particular de Francia, no todo es patentable en el terreno de la biotecnología.

** Fundación Argentina de Investigaciones Biomoleculares.*